

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05179392  
PUBLICATION DATE : 20-07-93

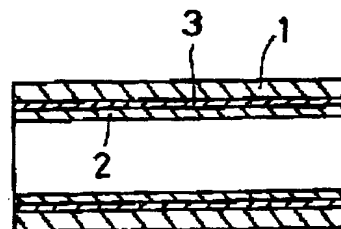
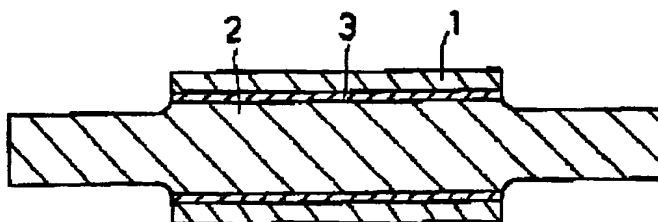
APPLICATION DATE : 27-12-91  
APPLICATION NUMBER : 03346930

APPLICANT : KUBOTA CORP;

INVENTOR : SHIKATA TAKASHI;

INT.CL. : C22C 37/00 B21B 27/00 C22C 37/08

TITLE : COMBINATION ROLL



**ABSTRACT :** PURPOSE: To develop the combination roll which has high hardness at room temp. and high temp. and is highly resistant to wear by constituting the roll to be used for rolling, etc., of steel products of an outside layer made of a cast iron contg. a hard metal carbide, an intermediate layer made of a high- carbon cast steel and an inside layer made of a graphite cast iron.

**CONSTITUTION:** The roll for rolling the steel products is made of the combination structure, such as solid roll or sleeve-like roll consisting of the outside layer 1, the intermediate layer 3 and the inside layer 2. The outside layer 1 of the roll is made of the wear resistant cast iron contg. 1.0 to 3.0% C, 0.1 to 2.0% Si, 0.1 to 2.0% Mn, 0.1 to 4.5% Ni, 3.0 to 10.0% Cr, 0.1 to 9.0% Mo, 1.5 to 10.0% W, and 3.0 to 10.0% in total of one or two kinds of V and Nb. The intermediate layer 3 is made of the high-carbon cast steel contg. 1.0 to 2.5% C, 0.2 to 3.0% Si, 0.2 to 1.5% Mn,  $\leq 4\%$  all of Ni, Cr and Mo and further  $\leq 12\%$  in total of W, V and Nb. The inside layer 2 is made of the flake graphite cast iron, spheroidal graphite cast iron or graphite steel.

**COPYRIGHT:** (C)1993,JPO&Japio

**THIS PAGE BLANK (USPTO**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-179392

(43) 公開日 平成5年(1993)7月20日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 37/00	B	7217-4K		
B 2 1 B 27/00	C	7728-4E		
C 2 2 C 37/08	Z	7217-4K		

審査請求 未請求 請求項の数4(全13頁)

(21) 出願番号	特願平3-346930	(71) 出願人	000001052 株式会社クボタ 大阪府大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号
(22) 出願日	平成3年(1991)12月27日	(72) 発明者	森川 長 兵庫県尼崎市西向島町64番地 株式会社クボタ尼崎工場内
		(72) 発明者	瀬戸 良登 兵庫県尼崎市西向島町64番地 株式会社クボタ尼崎工場内
		(72) 発明者	岡林 昭利 兵庫県尼崎市西向島町64番地 株式会社クボタ尼崎工場内
		(74) 代理人	弁理士 安田 敏雄

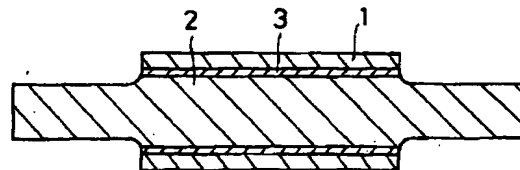
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合ロール

(57) 【要約】

【目的】 耐摩耗性に優れかつ均一材質の外層を備えた複合ロールを提供する。

【構成】 外層1と中間層3、中間層3と内層2とが相互に溶着して構成されている。外層は、化学組成が重量%で、C:1.0~3.0%、Si:0.1~2.0%、Mn:0.1~2.0%、Ni:0.1~4.5%、Cr:3.0~10.0%、Mo:0.1~9.0%、W:1.5~10.0%、V、Nb:一種又は二種の総計で3.0~10.0%および残部実質的にFeからなる。外層には前記合金成分の他、Al、Ti、Zr:各々0.01~0.50%の内の一種又は二種以上、又はおよびB:0.01~0.50%を含有させることができる。中間層は特定組成の高炭素鋼、内層は片状黒鉛鋼鉄、球状黒鉛鋼鉄又は黒鉛鋼により形成されている。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 耐摩耗鋳鉄材で形成された外層と、該外層の内周面に溶着された中間層と、該中間層の内周面に溶着された内層とからなる複合ロールにおいて、

前記外層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 3.0 %, Si : 0.1 ~ 2.0 %,  
Mn : 0.1 ~ 2.0 %, Ni : 0.1 ~ 4.5 %,  
Cr : 3.0 ~ 10.0 %, Mo : 0.1 ~ 9.0 %,  
W : 1.5 ~ 10.0 %, V, Nb : 一種又は二種の総計で3.0 ~ 10.0 %, および

10 残部実質的にFeからなり、  
前記中間層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 2.5 %, Si : 0.2 ~ 3.0 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, Ni : 4.0 %以下、  
Cr : 4.0 %以下、 Mo : 4.0 %以下、  
W, V, Nb : 総計で12%以下、および残部実質的にFe

eからなり、  
前記内層は片状黒鉛鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄又は黒鉛鋼で形成されていることを特徴とする複合ロール。

【請求項2】 耐摩耗鋳鉄材で形成された外層と、該外層の内周面に溶着された中間層と、該中間層の内周面に溶着された内層とからなる複合ロールにおいて、

前記外層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 3.0 %, Si : 0.1 ~ 2.0 %,  
Mn : 0.1 ~ 2.0 %, Ni : 0.1 ~ 4.5 %,  
Cr : 3.0 ~ 10.0 %, Mo : 0.1 ~ 9.0 %,  
W : 1.5 ~ 10.0 %, V, Nb : 一種又は二種の総計で3.0 ~ 10.0 %, Al, Ti, Zr : 各々0.01 ~ 0.50 %の内の一種又は二種以上

20 および残部実質的にFeからなり、  
前記中間層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 2.5 %, Si : 0.2 ~ 3.0 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, Ni : 4.0 %以下、  
Cr : 4.0 %以下、 Mo : 4.0 %以下、  
W, V, Nb, Al, Ti, Zr : 総計で12%以下、および残部実質的にFeからなり、

前記内層は片状黒鉛鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄又は黒鉛鋼で形成されていることを特徴とする複合ロール。

【請求項3】 耐摩耗鋳鉄材で形成された外層と、該外層の内周面に溶着された中間層と、該中間層の内周面に溶着された内層とからなる複合ロールにおいて、

前記外層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 3.0 %, Si : 0.1 ~ 2.0 %,  
Mn : 0.1 ~ 2.0 %, Ni : 0.1 ~ 4.5 %,  
Cr : 3.0 ~ 10.0 %, Mo : 0.1 ~ 9.0 %,  
W : 1.5 ~ 10.0 %, V, Nb : 一種又は二種の総計で3.0 ~ 10.0 %, B : 0.01 ~ 0.50 %

40 および残部実質的にFeからなり、  
前記中間層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 2.5 %, Si : 0.2 ~ 3.0 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, Ni : 4.0 %以下、  
Cr : 4.0 %以下、 Mo : 4.0 %以下、  
W, V, Nb, Al, Ti, Zr : 総計で12%以下、および残部実質的にFeからなり、  
前記内層は片状黒鉛鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄又は黒鉛鋼で形成されていることを特徴とする複合ロール。

2

前記中間層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 2.5 %, Si : 0.2 ~ 3.0 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, Ni : 4.0 %以下、  
Cr : 4.0 %以下、 Mo : 4.0 %以下、  
W, V, Nb, B : 総計で12%以下、

および残部実質的にFeからなり、

前記内層は片状黒鉛鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄又は黒鉛鋼で形成されていることを特徴とする複合ロール。

【請求項4】 耐摩耗鋳鉄材で形成された外層と、該外層の内周面に溶着された中間層と、該中間層の内周面に溶着された内層とからなる複合ロールにおいて、

前記外層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 3.0 %, Si : 0.1 ~ 2.0 %,  
Mn : 0.1 ~ 2.0 %, Ni : 0.1 ~ 4.5 %,  
Cr : 3.0 ~ 10.0 %, Mo : 0.1 ~ 9.0 %,  
W : 1.5 ~ 10.0 %, V, Nb : 一種又は二種の総計で3.0 ~ 10.0 %, Al, Ti, Zr : 各々0.01 ~ 0.50 %の内の一種又は二種以上、

20 B : 0.01 ~ 0.50 %  
および残部実質的にFeからなり、  
前記中間層は、化学組成が重量％で、

C : 1.0 ~ 2.5 %, Si : 0.2 ~ 3.0 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, Ni : 4.0 %以下、  
Cr : 4.0 %以下、 Mo : 4.0 %以下、  
W, V, Nb, Al, Ti, Zr, B : 総計で12%以下、

および残部実質的にFeからなり、

前記内層は片状黒鉛鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄又は黒鉛鋼で形成されていることを特徴とする複合ロール。

【発明の詳細な説明】  
【0001】

【産業上の利用分野】本発明は鉄鋼圧延用等の複合ロールに関する。

【0002】

【従来の技術】複合ロールには、耐摩耗材で形成された圧延使用層たる外層に強靱材によって形成された中実状内層（軸芯部）を溶着したものや、図1に示すように外層1と内層2との間に中間層3を介在させたものがある。尚、図2に示すように、円筒形ロールはスリーブロールとも呼ばれ、通常、ロール軸に焼きばめ等により固着され、組み立てられて圧延に供される。

【0003】前記中間層3は、外層1と内層2とを直接溶着した場合に生じる、外層1から内層2への高合金元素の混入を防止し、内層の強靱性劣化防止のために形成されるものである。従来、耐摩耗性に優れた外層材として、特公昭58-30382号公報、特公昭61-16415号公報に開示されているように、Crを10~25%含有した高クロム鋳鉄や耐焼付性をも改善した黒鉛晶出高クロム鋳鉄

50 が使用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、圧延条件が苛酷になり、より高い耐摩耗性が要求されるようになった。このため、前記公報に言及されているように、高クロム鋼鉄や黒鉛晶出高クロム鋼鉄にNb、Vの一種又は二種を合計で2%以下添加して、その微細炭化物を結晶核として生成させ、これによって組織の微細化、緻密化を図り、もって耐摩耗性の向上が図られている。しかし、耐摩耗性の向上の要求に十分応えているとはいえないのが実情である。

【0005】一方、鉄鋼圧延における耐摩耗性を大幅に改善するには、材質中にWを多量に添加すればよいと考えられる。しかしながら、複合ロールの外層は、主として遠心力鑄造によって鑄造されることから、Wが比重差により分離し、周方向に偏析が生じて均一な材質が得難いという問題がある。本発明はかかる問題に鑑みなされたもので、耐摩耗性に優れかつ均一材質の外層を備えた鉄鋼圧延用等の複合ロールを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の複合ロールは、外層と中間層、中間層と内層とが相互に溶着して構成されており、前記外層は、化学組成が重量%で、  
C:1.0~3.0%、 Si:0.1~2.0%、  
Mn:0.1~2.0%、 Ni:0.1~4.5%、  
Cr:3.0~10.0%、 Mo:0.1~9.0%、  
W:1.5~10.0%、  
V、Nb:一種又は二種の総計で3.0~10.0%、  
および残部実質的にFeからなり、前記中間層はC:1.0~2.5%含有した特定組成の高炭素鋼からなり、前記内層は片状黒鉛鋼鉄、球状黒鉛鋼鉄又は黒鉛鋼により形成されている。また、外層成分には、前記外層合金成分のほかに、Al、Ti、Zr:各々0.01~0.50%の内の一種又は二種以上、又は及びB:0.01~0.50%を含有することができる。

【0007】

【作用】本発明の複合ロールに係る外層は、Cr、Mo、W、Nb、V、FeおよびCが相互に結合した高硬度の複合炭化物が基地に存在するため、常温および高温における硬度が向上し、耐摩耗性が飛躍的に向上する。このため、従来の高クロム鋼鉄等と同程度の寿命を確保する場合、外層厚さは鑄込み厚さで80mm程度以下すなわち従来の厚さの80%程度と薄くてもよい。また、高価な合金を多量に含む外層材の使用量が少なくて済む。また、外層は高クロム鋼鉄等と同様、焼入れ熱処理が施されて高硬度が付与される。この際、本発明に係る外層材は高硬度であり、高クロム鋼鉄等に比べて残留応力が高くなるが、外層を薄くすることができるため、残留応力を低く抑えることができ、耐事故性を改善することができる。また、鑄込み厚さを80mm程度以下に薄くすること

ができるため、急冷凝固することができ、マクロ偏析が生じにくく、また微細組織になり、耐摩耗性が更に向上する。一方、外層を厚く形成する場合でも、質量の大きいWを10%以下に抑えたので、偏析が比較的生じ易い遠心力鑄造により外層を鑄造形成しても、マクロ偏析は生じにくく、組織の均一性に優れる。

【0008】特定組成の高炭素鋼により、外層と内層との間に中間層を形成したので、外層の高合金成分が内層に混入して、その強靱性を劣化することを防止することができる。また、中間層と内層との境界部は低合金となるので、炭化物層の形成が抑制され、境界強度の向上を図ることができる。また、外層のオーステナイト熱処理の際、内層の温度上昇を防止することができ、内層材質の強靱性劣化を防止しつつ、外層のみを1100℃以上の高温に加熱することができる。また、本発明の中間層組成では、外層の焼入れ時にマルテンサイト変態することがないので、外層に焼入れ熱処理を施しても、過大な残留応力が生じることがなく、耐事故性に優れる。

【0009】また、内層を片状黒鉛鋼鉄、球状黒鉛鋼鉄又は黒鉛鋼すなわち、黒鉛の晶出した鉄鋼材で形成したので、ヤング率を19000kg/mm<sup>2</sup>程度以下とすることができ、過負荷時にロールの偏平化によって負荷を吸収し、耐事故性を向上することができる。また、低温至取り焼鈍によって、外層熱処理時の残留応力を軽減することができる。また、熱伝導性ひいては放熱性に優れ、圧延時のロールの熱変形を防止することができる。又、良好な靱性を有するため、衝撃的な圧延トルクに対しても耐えることができる。

【0010】

【実施例】まず、本発明の複合ロールの外層に使用される耐摩耗鋼鉄材の化学組成の限定理由について説明する。以下、成分の単位はすべて重量%である。

C:1.0~3.0%

Cは主としてFeおよびCrと結合してM<sub>1</sub>C<sub>3</sub>型の高硬度複合炭化物を形成すると共に、Cr、Mo、V、Nb、Wと結合してMC型、M<sub>2</sub>C型、M<sub>3</sub>C型等の高硬度複合炭化物をも形成する。この高硬度複合炭化物形成のために、1.0%以上のC%が必要である。一方、3.0%を越えてCが含有されると炭化物量が増すと共に脆くなり、耐クラック性が劣化するため、3.0%以下とする。

Si:0.1~2.0%

Siは本発明材が鑄造合金であるため、湯流れ性の確保のために必要な元素であり、同時に又、使用原材料から0.1%程度は不可避的に含有される。しかし、2.0%を越えると靱性の低下を招くため好ましくない。

Mn:0.1~2.0%

Mnは硬化能を増し、また、Sと結合してMnSを生成し、Sによる脆化を防ぐ元素であり、同時に使用原材料から0.1%程度は不可避的に含有される。しかし、2.0

%を越えると靱性の低下を招くため好ましくない。

Ni:0.1~4.5%

Niは基地中に固溶し、連続冷却変態線図(CCT図)および等温変態線図(TTT図)におけるパーナイト変態を長時間側に移動させるため、焼入れ性が向上し、焼入れ時の冷却速度を遅くしても途中でパーナイト変態が起こらず、多量の残留オーステナイトがマルテンサイト変態するため、高硬度が得られる。本発明のような複合ロールの外層材の場合、焼入れ時の外層と内層の熱膨張差に起因する熱応力が大きく、また重量物である大形ロールの場合、熱容量が大きく、冷却速度を大きくすることが困難であるものについては焼入れ時の冷却速度が遅くても焼入れ組織が得られることは大変重要である。この際、0.1%未満ではこのような効果が得られず、一方、4.5%を越えて含有されると、残留オーステナイトが増して、高硬度が得難くなる。なお、0.1%Ni以上では焼入れ温度から400~650℃までの温度にかけての冷却速度が100℃/Hr以上あれば焼入れ組織が得られる。

Cr:3.0~10.0%

CrはFe, Mo, V, Nb, Wと共にCと結合して、高硬度複合炭化物を形成して高温に於ける耐摩耗性の向上に寄与する。また、一部は基地中に固溶して焼入れ性および耐摩耗性を改善する。3.0%未満ではこれらの効果が少なく、耐摩耗性改善が期待できない。一方、10.0%を越えて含有されると靱性の劣化を来すため好ましくない。

Mo:0.1~9.0%

MoはFe, Cr, V, Nb, Wと共にCと容易に結合して、主としてM<sub>7</sub>C<sub>3</sub>型、M<sub>6</sub>C型、M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>型複合炭化物を形成し、常温および高温硬度を高めて耐摩耗性の向上に寄与する。MoはWに比較して少量添加でその効果を発揮する。このさい、0.1%未満では所期の耐摩耗性を得ることができず、一方、9.0%を越えると靱性の低下を来し好ましくない。

W:1.5~10.0%

Wも同様にFe, Cr, Mo, V, Nbと共にCと容易に結合して複合炭化物を形成し、常温および高温硬度を高めて耐摩耗性の向上に寄与する。1.5%未満では所期の耐摩耗性を得ることができず、一方、10.0%を越えると靱性の低下を来し、耐ヒートクラック性を悪化させる。また、遠心力鋳造の際、マクロ偏析を生成し易くさせる。このため10.0%以下とする。

V, Nb:一種又は二種の総計で0.3~10.0%

VはNbと同様にFe, Cr, Mo, Wと共にCと容易に結合して、主としてMC型の複合炭化物を形成し、常温および高温硬度を高めて耐摩耗性の向上に寄与する。また、このMC型複合炭化物は厚さ方向に枝状に生成するため、基地の塑性変形を抑制し、機械的性質、さらには耐クラック性の向上にも寄与する。単独または二種を

複合して3.0%以上添加しないとかかる効果は現れにくい。しかし、添加量が10.0%を越えると靱性の低下を招来すると共に、遠心力鋳造の際、マクロ偏析を生成し易くなる。このため、10.0%以下とする。

【0011】本発明外層の耐摩耗鋼鉄材は以上の合金成分のほか残部がFeおよび不純物で形成される。尚、P, Sは原料より不可避免的に混入するが、材質を脆くするので少ない程望ましく、P:0.2%以下、S:0.1%以下に止めておくのがよい。本発明に係る外層の耐摩耗鋼鉄材には、前記合金成分のほか、下記組成範囲のAl, Ti, Zrの内の一種又は二種以上、又は及びBを含有するものを含む。

Al, Ti, Zr:各々0.01~0.50%

Al, Ti, Zrは溶湯中で酸化物を生成して、溶湯中の酸素含有量を低下させ、製品の健全性を向上させると共に、生成した酸化物が結晶核として作用するために凝固組織の微細化に効果がある。0.01%未満ではこの効果は十分ではなく、一方、0.50%を越えて含有されると介在物となって残留し、好ましくない。尚、Al, Ti, Zrは、本発明では主として鋳造組織の微細化による耐摩耗性改善のために添加されるものであり、単に脱ガスを目的として添加されるものではない。

B:0.01~0.50%

Bは溶湯中の酸素と結合して、脱酸効果を示す。その他、生成した酸化物を核とする凝固組織の微細化効果、および基地中に溶け込んだBによる焼入れ性の増大効果を有する。圧延ロールのような大質量の鋳物の場合、冷却温度を速くすることが困難な場合があるが、焼入れ性の増大によって、焼入れ組織を得易くなる。0.01%未満ではこのような効果が十分ではなく、一方0.50%を越えると材質が脆くなり好ましくない。

【0012】次に本発明複合ロールの内層材について説明する。内層材としては、下記の理由により黒鉛が晶出した材料、具体的には片状黒鉛鋼鉄(FCと略記)、球状黒鉛鋼鉄(DCIと略記)、黒鉛鋼(SGSと略記)を用いる。

黒鉛晶出材を用いる理由

① 圧延使用時には、過負荷状態の発生(例えば、2枚板噛み)は避けられないが、外層材のヤング率は21000~23000kg/mm<sup>2</sup>と高いため、外層材中に大きな応力が発生する。中間層のヤング率は20000~23000kgf/mm<sup>2</sup>であるが、層厚が25~30mm程度と比較的薄いため、複合化する内層材のヤング率が低ければ、過負荷時には、ロールの偏平化によって内層材の方で負荷を吸収し得る。

【0013】このため、内層材のヤング率を低くする方が、使用時の安全性を増す。20000kg/mm<sup>2</sup>未満のヤング率とするためには、内層材は、黒鉛の晶出したものでなければならない。

② 外層材は特殊合金が含まれており、また、焼戻し2

次硬化現象によって硬化するため、一般に残留応力の除去がされ難い材料である。このため、複合ロールに対し、外層材の硬化熱処理すると、外層材の変態による膨張により、外層には圧縮応力、内層には引張応力が生じる。内層材の引張応力が過大になると、内層の破損や中間層・内層の境界部での破断が生じ、ロールの破断に至る。

【0014】破断を防止するには、複合ロールに歪取り焼鈍を施し、内層材の残留応力を解放すればよい。しかし、600℃を越える高温歪取り焼鈍では外層の硬度低下を招来する。従って、低温歪取り焼鈍により、内層材の残留応力を解放する必要がある。このためには、内層材は黒鉛が晶出したものがよい。尚、本発明の場合、低温歪取り焼鈍は外層の焼戻し熱処理によりその目的を達成することができる。

③ ロールは使用時に圧延材(1000℃前後)から熱を受ける。ロールの熱変形を防止、所定形状を維持するには放熱が良好でなければならない。従って、内層は熱の伝導が良くなければならない。そのため内層材として黒鉛晶出材が好適である。

④ ロールのネック部には、ベンディング力とモータートルクに耐える強度が必要である。衝撃的な荷重もあることから、強度とともに靱性も重要である。黒鉛を晶出させることにより、靱性を向上させることができる。

【0015】次に、複合ロールの内層を形成する各種内層材の特徴および好ましい組成(単位wt%)について説明する。内層は叙上の通り、黒鉛を含むことが必要であるが、外層と内層との溶着時に外層の高合金成分の混入が必然的に生じる。この点を考慮して組成を決定する必要がある。

#### (1) FCの場合

FCは鋳造性が良好で、ヤング率が10000~15000 kg/mm<sup>2</sup>と低く、又黒鉛の形態が片状であるため、残留応力の除去が容易で、熱伝導率も高い。また、加工性も良好で、中空ロールの内層材として用いた場合、内面加工が容易である。もっとも、強度は30kg/mm<sup>2</sup>程度が限度であるため、圧延荷重の大きな条件下で使用する複合ロールには適さない。尚、下記組成のFCの固相線は1130~1170℃である。

【0016】以下に好ましい組成例と限定理由を示す。

C: 2.5~4.0%

Cは黒鉛を晶出させるために必要であり、2.5%未満では黒鉛量が少ない。一方、4.0%を越えると黒鉛量が過多となり、強度が低下する。

Si: 0.8~2.5%

Siは黒鉛晶出を助長する作用をなし、0.8%未満では黒鉛化が不充分である。一方、2.5%を越えると基地が脆くなる。

【0017】Mn: 0.2~1.5%

Mnは基地の強化と共にSの害を防ぐ作用がある。0.2

%未満ではその作用がほとんど期待できない。一方、1.5%を越えると材質が脆くなる。

P, S: 各々0.2%以下

P, Sは不純元素であるため少ない程よく、0.2%以下に止めるのがよい。

【0018】低濃度のものは高コストになるため、経済性を考慮すると、0.01%程度以上の含有は止むを得ないであろう。

Ni: 3.0%以下

Niは黒鉛化と基地の強化のために有効であるが、3.0%を越えると未変態組織が残留し易くなり、強度が劣化する。

【0019】Cr, Mo: 各々2.0%以下

Cr, Moは基地の強化作用があるが、多過ぎると黒鉛化を阻害させる。基地強化のためには、0.1%以上含有させることが望ましい。一方、黒鉛化の阻害を防止するには、外層からの混入量を含めて2.0%以下に止める必要がある。

【0020】W, V, Nb: 総計で4.0%以下

これらの元素は外層から必然的に混入する。W, V, Nbは内層材質改善作用はない。従って、これらの元素は不純物として解釈され、内層材の機械的性質を劣化させない範囲として、4%まで許容される。尚、外層にAl, Ti, Zr, Bを含む場合、これらの元素も中間層を介して内層に必然的に混入するが微量であるため、材質上ほとんど問題にはならない。

【0021】FCは以上の成分の他、残部実質的にFeで形成される。尚、中間層に溶着する前すなわち鋳込前の溶湯組成範囲を下記に例示する。溶湯組成は溶着後に上記内層組成となるように、中間層からの成分混入量が考慮されて決定される。

C: 2.5~4.0%, Si: 0.8~2.5%,

Mn: 0.2~1.5%, P: 0.2%以下,

S: 0.2%以下, Ni: 3.0%以下,

Cr: 2.0%以下, Mo: 2.0%以下,

残部実質的にFe

#### (2) DCIの場合

DCIは鋳造性が良好で、ヤング率が15000~19000 kg/mm<sup>2</sup>であり、黒鉛量も多い。更に、その黒鉛の形態は、FCと異なり、球状であるため、強度および靱性も優れている。また、加工性も良好である。このため内層材として好適である。尚、特公昭59-52930号公報、特公昭59-52931号公報に開示されているように、フェライト・オーステナイト共存温度域(780~900℃)に加熱保持後、200~800℃/Hrで急冷し、オーステナイトを微細パーライト化する熱処理により、基地組織がフェライト・パーライトの2相混合組織となる。この組織はクラックの進展、残留応力の除去効果に特に優れる。前記2相混合組織化の熱処理は、複合ロールの外層の硬化熱処理の前熱処理として行えばよい。尚、下記組成の

DCIの固相線は1130~1170℃である。

【0022】以下に好ましい組成例と限定理由を示す。

C : 2.5 ~ 4.0 %, Si : 1.3 ~ 3.5 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, P : 0.2 % 以下,  
S : 0.2 % 以下, Ni : 3.0 % 以下,  
Cr : 2.0 % 以下, Mo : 2.0 % 以下,  
W, V, Nb : 総計で4 % 以下, Mg : 0.02 ~ 0.1 %

残部実質的にFe

Si, Mg以外の成分限定理由はFCと同様のため、この二成分について説明する。

【0023】Siは黒鉛化促進元素である。DCIは黒鉛の球状化のため、Mgが含有される。Mgは強力な黒鉛化阻害元素であるため、Mgの存在下で黒鉛化を図るには、Si 1.3%以上必要である。一方、3.5%を越えると、基地を脆くすると共に、多量のフェライトを析出させ、強度も低下する。Mgは黒鉛を球状化させる作用を有する。その作用を得るためには0.02%以上必要である。一方、0.1%を越えると、黒鉛化を阻害し、又铸造欠陥を発生させ易くする。

【0024】尚、外層に溶着する前のDCIの好適な溶湯組成を下記に例示する。

C : 2.5 ~ 4.0 %, Si : 1.3 ~ 3.5 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, P : 0.2 % 以下,  
S : 0.2 % 以下, Ni : 3.0 % 以下,  
Cr : 2.0 % 以下, Mo : 2.0 % 以下,  
Mg : 0.02 ~ 0.1 %, 残部実質的にFe

(3) SGSの場合

SGSはヤング率が17000 ~ 20000 kg/mm<sup>2</sup> と高く、また黒鉛量も少ないため、残留応力は比較的除去され難い。また、铸造性もあまり良好ではなく、大きな押湯等が必要とする。しかし、強度は40kg/mm<sup>2</sup> 以上と優れており、また韧性にも優れているので、大きなベンダー荷重等が働く苛酷な使用条件で用いられるロールには最適である。また、固相線（下記組成のSGSの場合）が1170~1250℃とFC、DCIに比べて高いので、外層のオーステナイト化熱処理の際に劣化しにくい利点がある。

【0025】以下に好ましい組成例と限定理由を示す。

C : 1.0 ~ 2.3 %, Si : 0.5 ~ 3.0 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, P : 0.2 % 以下,  
S : 0.2 % 以下, Ni : 3.0 % 以下,  
Cr : 2.0 % 以下, Mo : 2.0 % 以下,  
W, V, Nb : 合計で4.0 % 以下, 残部実質的にFe

C, Si以外の成分限定理由はFCと同様のため、この二成分について説明する。

【0026】Cは黒鉛を晶出させるために必要である。

1.0%未満では黒鉛の晶出は生じにくい。一方、2.3%を越えると黒鉛形状が崩れて、強度が低下する。Siは黒鉛化のために必要である。0.5%未満では黒鉛晶出は困難となり、一方、3.0%を越えると基地が脆くなる。

尚、外層に溶着する前のSGSの好適な溶湯組成を下記に例示する。

【0027】

C : 1.0 ~ 2.3 %, Si : 0.5 ~ 3.0 %,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 %, P : 0.2 % 以下,  
S : 0.2 % 以下, Ni : 3.0 % 以下,  
Cr : 2.0 % 以下, Mo : 2.0 % 以下,  
残部実質的にFe

次に、中間層について説明する。中間層は、外層の合金成分が内層に混入するのを軽減することを目的の一つとして形成されるが、それ自体も30kg/mm<sup>2</sup> 程度以上の強度が必要である。強度が不足すると、外層と中間層との境界部が破断し、外層が剥離する。従って、中間層には外層から多量の合金成分が混入しても高強度な材質とする必要がある。かかる理由から、中間層材としては下記組成の高炭素鋳鋼（ADと略記）が好適である。以下、本発明に係る中間層材の組成と限定理由を示す。

C : 1.0 ~ 2.5 %

Cは強度向上に寄与するが、1.0%未満では凝固点が高くなり、溶着が不十分になり易い。一方、2.5%を越えると炭化物が過多となり、材質が脆くなる。

Si : 0.2 ~ 3.0 %

Siは脱ガスの促進作用、湯流れ性の向上作用がある。

0.2%未満ではかかる作用が期待できず、一方、3.0%を越えると材質が脆化する。尚、高Si領域ではNi含有量との関係で黒鉛の晶出が見られる場合があるが、材質上問題はない。

Mn : 0.2 ~ 1.5 %

Mnは内層材のダクタイル鋳鉄と同様の理由によって上記範囲に限定される。

Ni : 4.0 % 以下

Niは材質を強化する作用がある。しかし、4.0%を越えると作用が飽和すると共に未変態組織が生じ易くなり、強度が劣化する。

Cr, Mo : 各々 4.0% 以下

Cr, Moは材質を強化する作用がある。しかし、4.0%を越えると機械的性質がかえって劣化するようになる。

W, V, Nb : 総計で12% 以下

これらの元素は中間層の材質を向上する作用はほとんどないが、外層からの混入は避けられない。中間層材質の機械的性質を劣化させない範囲として、12%まで許容される。尚、外層にAl, Ti, Zr, Bを含む場合、これらの元素も中間層に必然的に入ってくる。この場合、同様の理由により、これらの元素を含めて統計で12%以下とする。

【0028】中間層材の成分は、以上の他、残部実質的にFeで形成される。尚、P, Sは不純物であり、材質を脆くするため少ない程よく、本発明においては、材質と同様、両者とも0.2%以下に止めるのがよい。尚、

外層に溶着する前の溶湯組成範囲を下記に例示する。溶湯組成は溶着後に上記中間層組成となるように、外層からの成分混入量が考慮されて決定される。

【0029】

C : 1.0 ~ 2.5 % , Si : 0.2 ~ 3.0 % ,  
Mn : 0.2 ~ 1.5 % , P : 0.2 % 以下、  
S : 0.2 % 以下、 Ni : 4.0 % 以下、  
Cr : 4.0 % 以下、 Mo : 4.0 % 以下、  
残部実質的に Fe

本発明では、外層と内層（軸芯部）との間に 1.0~2.5 %C の中間層を設けたので、内層に有害な合金元素が外層から内層へ、溶着の際に直接混入するのを大幅に抑制することができるほか、下記の効果を奏する。

【0030】外層の焼入れ熱処理の際、オーステナイト化熱処理のため、外層を1100℃以上に加熱するのがよいが、外層を1100℃以上に加熱しても内層への伝熱は中間層を介して行われるため、熱量の調整により内層の温度を1100℃以下に容易に抑えることができ、内層の溶損を防止することができる。中間層は外層との溶着によって、Cr, Mo, W, Vの濃度が高くなるが、それでもこれらの元素は外層よりも低く抑えられるので、外層と内層を直接溶着させた時よりも、外層と中間層を溶着させた後、中間層と内層を溶着させる方が、内層の溶着部分の合金濃度は低くできる。このため、中間層を設けた場合は内層との境界に炭化物層が形成されにくく、境界強度が改善できる。

【0031】また、本発明に係る中間層はロールの焼入れ熱処理中にその大半がパーライト変態し、更に残部はベイナイト変態する。マルテンサイト変態は起こらないか、起こしてもごくわずかの量である。このため、マルテンサイト変態に伴う大きな膨張挙動がなく、ロールへの残留応力を大きくすることはない。尚マルテンサイト変態を多量に起こすと、外層のマルテンサイト変態と合わせて、外層・中間層に大きな圧縮の残留応力（軸方向）、内層にはそれに見合う大きな引張の残留応力（軸方向）が働き、内層が引張・破壊する。

【0032】本発明の複合ロールは、通常、中実状ロールの場合、外層および中間層が遠心力鋳造された後、その内部に内層（軸芯部）が静置鋳造される。また、スリーブロールの場合、外層、中間層に引き続いて内層も遠心力鋳造される。図3は横型遠心力鋳造装置を示しており、遠心力鋳造用金型4は回転ローラ5,5によって回転自在に支持されており、溶湯は堰鉢6から注湯樋7を介して金型4内に鋳込まれる。8は湯止め用砂型である。中実状の複合ロールを鋳造するには、まず、外層材溶湯を回転する金型4に鋳込み、それが凝固した後に、外層1の内周面に中間層材溶湯を鋳込んで、中間層3を遠心力鋳造する。その後、外層1と中間層3とを内層とした金型4を起立させ、その両端に軸芯部形成用の上型、下型を連設して静置鋳型を構成し、その内部に内層材溶湯を

鋳込めばよい。該横型遠心力鋳造装置においては、金型内に鋳込まれた溶湯の各部は金型の回転毎に上下動するため、Gの変動があり、またローラや金型の偏心や傷により振動が発生し易く、鋳込まれた外層材溶湯中の成分は移動し易い。このため、厚肉の外層を鋳造する場合、成分の移動により偏析が生じ易くなるので、通常、凝固開始温度+70℃程度以下として比較的低温で鋳込むのがよい。もっとも、本発明に係る外層材は高耐摩耗材であるために、摩耗しにくく、外層は比較的薄くてもよく、鋳込厚さで80mm（望ましくは55~70mm）程度までは金型により急冷されるため、前記温度より高温で鋳込んで偏析のおそれはほとんどない。尚、製品外層厚さとしては中間層による溶解代20mm、加工代10mmを考慮すると50mm（望ましくは25~40mm）程度となる。

【0033】図4は立型遠心力鋳造装置を示しており、遠心力鋳造用金型11の上下端には上型12、下型13が組み立てられており、該鋳型は回転する基盤14に同心状に機械的に固定されている。このため、堰鉢15を介して鋳型内に鋳込まれ、遠心力の作用で金型11内面に上昇し付着した外層材溶湯16は、Gの変動や振動を受けにくい。従って、立型遠心力鋳造すれば、厚肉の外層を鋳造する場合でも偏析が生じにくいので、より高温で鋳込むことができ、作業性の向上や異物の混入による鋳造欠陥の防止に効果的である。尚、遠心力鋳造用金型11のみ基盤14に固定し、外層および中間層を鋳造後、上型、下型を組み立て、軸芯部を静置鋳造してもよいことは勿論である。

【0034】本発明の外層耐摩耗鋳鉄材は、複合ロールの外層として鋳造後、ロール全体を焼入れ温度（オーステナイト化温度）から 400~650℃までの温度域を 100℃/Hr 以上の冷却速度で焼入れることにより、良好な焼入れ組織を得ることができる。焼戻しは 500~600℃の温度で1回ないし数回行なうとよい。本発明に係る外層材は、オーステナイト化熱処理の際に基地中に固溶したMo, W, V, Nb等が焼戻し熱処理によって微細炭化物として析出し、焼戻し2次硬化現象を生じるため、高温硬度に優れる。

【0035】外層の加熱方法としては、ロール全体を加熱炉に入れて加熱する方法、外層外周面の回りに誘導加熱コイルや多数のガスバーナを配置しておき、これらによって外層のみを急速加熱する方法がある。前者は昇温に時間がかかり、外層表面に厚い酸化膜ができ、外層の歩留りが低下する。更に、鋳鉄材質の内層の溶損を回避して加熱するには1100℃（望ましくは1000℃）以下の加熱に止めなければならない。このため炭化物を基地中に十分固溶させることが難しく、以後の熱処理によっても十分な硬度が得難いという問題がある。これに対して、外層のみの加熱方法によれば、中間層の形成と相まって、外層を1100℃以上に、内層を1100℃未満に確実に止めることができるので、内層の部分溶融や、結晶粒の粗大化による強度低下を防止することができる。また、内層

(軸芯部)の中心に向かうほど低温となるため、オーステナイト化温度に加熱後、外層の熱を内部へ逃がすことができ、焼入れの際、外層深部の冷却速度を大きくすることができる。

【0036】本発明の複合ロールは熱間圧延、冷間圧延を問わず、圧延設備の圧延用ロールおよびその付帯設備のピンチロールあるいは圧延材の搬送用ローラー等の、耐摩耗性を要求されるロール、ローラーに適用される。尚、圧延材としては、鉄鋼および非鉄金属のみならず非

金属をも対象とする。次に本発明の具体的実施例を掲げ  
10 (1) 内径φ1040mmの遠心力鑄造用金型に表1の外層材溶湯を遠心力鑄造し、外層が完全に凝固した後引き続い

て、同表の中間層材溶湯を遠心力鑄造し、外層と中間層とを溶着させた。鑄込量は肉厚で外層70mm、中間層25mmとした。尚、実施例は試料No.1~6であり、No.7の従来例の外層材は耐摩耗性を改善した高クロム鑄鉄材である。表中の組成の単位は重量%、残部は実質的にFeである。

(2) 中間層が完全に凝固するのを待って、金型の回転を止め、外層および中間層を内有了金型を垂直に立てて、両端に上型および下型を連設して、その内部に同表に併せて示した内層材(軸芯材)溶湯を鑄込んだ。

【0037】

【表1】

試料	No	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	Al	Ti	Zr	B	Hg	備考
1	外層	2.59	0.51	0.50	0.018	0.008	0.43	8.33	1.99	5.47	7.04	-	-	-	-	-	-	
	中間層	1.42	0.86	0.89	0.014	0.011	0.10	0.03	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	
	内層	3.37	2.11	0.80	0.056	0.027	0.83	0.06	0.03	-	-	-	-	-	-	-	0.084	DCI
2	外層	1.40	1.41	1.00	0.020	0.008	1.12	4.15	7.00	8.77	4.68	1.19	-	-	-	-	-	
	中間層	1.63	0.66	0.59	0.017	0.012	1.28	0.06	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	内層	1.27	1.13	0.77	0.033	0.015	2.75	0.45	1.35	-	-	-	-	-	-	-	-	SGS
3	外層	2.01	0.76	0.73	0.018	0.010	3.75	6.12	4.14	3.88	6.02	-	-	-	-	-	-	
	中間層	1.98	1.02	0.68	0.025	0.010	2.27	0.15	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	
	内層	3.35	1.29	0.64	0.058	0.022	0.67	0.13	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	FC
4	外層	2.05	1.00	1.29	0.014	0.008	0.98	5.72	3.98	2.97	5.87	0.89	0.35	0.32	-	-	-	
	中間層	1.74	0.57	0.43	0.020	0.019	0.05	0.06	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	内層	3.58	2.86	0.96	0.066	0.023	1.97	0.13	0.07	-	-	-	-	-	-	0.067	-	DCI
5	外層	1.80	0.80	0.99	0.023	0.011	0.85	3.75	5.69	5.12	4.52	2.29	-	-	-	0.21	-	
	中間層	2.10	0.75	0.60	0.020	0.012	0.29	0.16	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	
	内層	3.67	1.97	0.31	0.068	0.028	0.77	0.13	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	DCI
6	外層	1.97	0.67	0.48	0.020	0.019	1.33	5.39	2.03	5.68	3.99	0.61	0.08	0.15	0.14	0.09	-	
	中間層	2.23	0.98	0.30	0.023	0.020	0.05	0.02	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	
	内層	3.24	2.49	0.26	0.063	0.025	0.78	0.13	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	DCI
7	外層	2.77	0.71	0.89	0.021	0.010	1.58	17.93	2.05	-	0.241	-	-	-	-	-	-	
	中間層	1.58	0.70	0.70	0.019	0.010	0.80	0.10	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	
	内層	3.56	2.88	0.39	0.062	0.020	0.84	0.10	0.03	-	-	-	-	-	-	-	0.063	DCI

【0038】(3) 鋳造された複合ロールを粗加工した後、実施例のロールに対しては、600℃に均一に予熱後、図5に示すように、ロールを水平に対向配置されかつロール軸方向に沿って250mmピッチで平行に列設されたガスバーナ21間に回転自在に支持し、ロールを回転させながら、外層の表面を加熱した。外層表面温度が1170℃、内層の中心部の温度が830℃となったところで加熱を止めた。加熱に要した時間は300分であった。熱伝導

の温度データより、本例の場合、内層外周面付近の温度は960℃と推定された。一方、従来のロールに対しては、ロール全体を1050℃で5時間保持してオーステナイト化した。

(4) 実施例および従来例のロールに対して、加熱停止後、速やかに噴霧水冷を行い、ロール表面温度を500℃に急冷した後、常温まで放冷した。その後、550℃で20時間保持する焼戻し熱処理を2回繰り返した。熱処理後

の外層表面硬度は、下記表2の通りであった。同表より、実施例の外層は、従来例のそれに比べて、硬度の向上が著しく、耐摩耗性に優れていることが分かる。尚、外層表面の酸化状態を観察したところ、酸化層の厚さ\*

\*は、実施例では0.5mm程度であったのに対して、従来例では3.0mm程度と著しかった。

【0039】

【表2】

試料 No.	1	2	3	4	5	6	7
硬度(Hs)	83	86	85	86	87	87	76

【0040】(5) 胴表面を仕上加工した後、超音波探傷試験によって溶着状況を確認したところ、いずれのロールについても溶着は良好であった。次に、ロール胴部を切断し、外層断面を目視観察したところ、いずれのロールも成分の偏析は認められなかった。又、中間層の層厚の中央部および内層（軸芯部）中心部における成分を分

10 析した結果を表3に示す。同表より、実施例および従来例とも内層における外層高合金成分の混入量は非常に少ないことが分かる。

【0041】

【表3】

試料 No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	Al	Ti	Zr	B	Ng	備考
1	1.95	0.71	0.69	0.016	0.010	0.27	3.91	0.93	2.51	3.23	-	-	-	-	-	-	
2	3.31	2.05	0.79	0.053	0.027	0.80	0.28	0.08	0.16	0.18	-	-	-	-	-	0.079	DCI
3	1.58	1.00	0.80	0.019	0.011	1.22	1.94	3.33	3.78	2.14	0.54	-	-	-	-	-	
4	1.30	1.12	0.77	0.031	0.015	2.66	0.54	1.47	0.30	0.13	0.03	-	-	-	-	-	SGS
5	2.00	0.93	0.70	0.022	0.010	2.95	2.89	2.02	1.77	2.79	-	-	-	-	-	-	
6	3.28	1.27	0.64	0.055	0.021	0.81	0.30	0.33	0.11	0.19	-	-	-	-	-	-	FC
7	1.88	0.78	0.85	0.018	0.015	0.50	2.67	1.86	1.36	2.69	0.51	0.18	0.13	-	-	-	
8	3.50	2.75	0.94	0.062	0.022	1.88	0.29	0.19	0.15	0.28	0.09	0.01	0.03	-	-	0.063	DCI
9	1.96	0.78	0.79	0.022	0.012	0.57	1.86	2.65	2.38	2.13	1.11	-	-	-	0.11	-	
10	3.58	1.92	0.34	0.065	0.027	0.75	0.22	0.23	0.15	0.19	0.09	-	-	-	-	0.081	DCI
11	2.11	0.85	0.39	0.021	0.020	0.64	2.46	0.94	2.58	1.84	0.30	0.04	0.07	0.06	0.04	-	
12	3.20	2.38	0.26	0.061	0.024	0.77	0.30	0.22	0.20	0.10	0.02	-	-	-	-	0.040	DCI
13	2.03	0.70	0.76	0.020	0.009	1.03	7.21	0.77	-	0.10	-	-	-	-	-	-	
14	3.48	2.79	0.42	0.060	0.019	0.85	0.55	0.08	-	0.01	-	-	-	-	-	0.080	DCI

【0042】(6) また、各試料の内層から引張試験片を採取し、引張試験を行った結果を表4に示す。同表より、内層がDCIの実施例のNo.1および4～6は従来例のNo.7に比して、高強度であり、従来例は実施例に比\*

\*して約20%の劣化が認められる。

【0043】

【表4】

試料 No.	1	2	3	4	5	6	7
引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	47.9	59.0	24.8	47.6	51.3	47.2	38.1

【0044】

50 【発明の効果】以上説明した通り、本発明の複合ロール

(12)

22

21

はその外層をCr, Mo, W, V, Nbの所定量を含有した特殊鋳鉄材で形成したので、これらの高硬度複合炭化物の存在により、耐摩耗性を飛躍的に向上させることができ、また鑄造に際しマクロ偏析も生じにくい。また、特定組成の高炭素鋳鋼により中間層を形成したので、外層から内層への高合金成分の混入を著しく軽減することができ、境界強度の向上を図ることができ、マルテンサイト変態しないため残留応力を増加させることができ、更に外層のオーステナイト化熱処理時の内層の溶損や強度低下を防止することができる。また、内層を片状黒鉛鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄又は黒鉛鋼で形成したので、強度および靱性が良好で、ヤング率を外層のそれよりかなり低くすることができ、過負荷時にはロールの扁平化によって外層に過大な応力を生じるのを防止することが

でき、安全性や耐事故性に優れる。更に、放熱性にも優れるため、熱変形も生じにくい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る中実状複合ロールの断面図である。

【図2】本発明に係るスリーブ状複合ロールの断面図である。

【図3】横型遠心力鑄造装置の主要部断面図である。

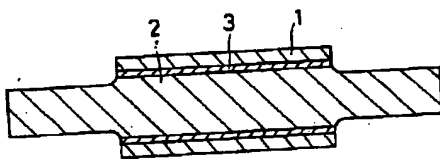
【図4】立型遠心力鑄造装置の主要部断面図である。

【図5】複合ロール外層加熱状態を示す断面図である。

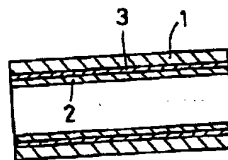
【符号の説明】

- 1 外層
- 2 内層
- 3 中間層

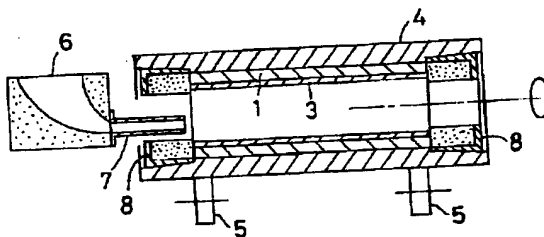
【図1】



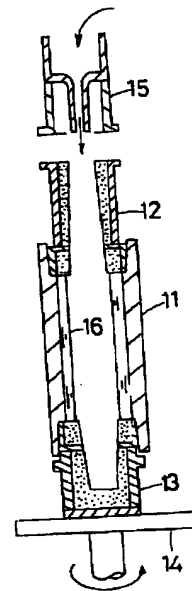
【図2】



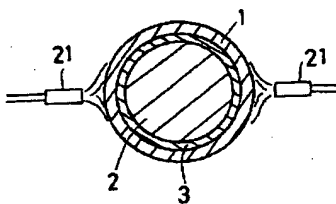
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 木村 広之

兵庫県尼崎市西向島町64番地 株式会社ク  
ボタ尼崎工場内

(72)発明者 志方 敬

兵庫県尼崎市西向島町64番地 株式会社ク  
ボタ尼崎工場内

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**